

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-083653

(43)Date of publication of application : 18.03.2004

(51)Int.Cl.

C09K 11/62  
 B82B 1/00  
 B82B 3/00  
 C09K 11/08  
 C09K 11/64  
 H01S 5/022

(21)Application number : 2002-243502

(71)Applicant : SHARP CORP  
 FUJITA SHIGEO  
 KAWAKAMI YOICHI  
 HARADA MASAFUMI  
 SASAKI TAKATOMO  
 MORI YUSUKE

(22)Date of filing : 23.08.2002

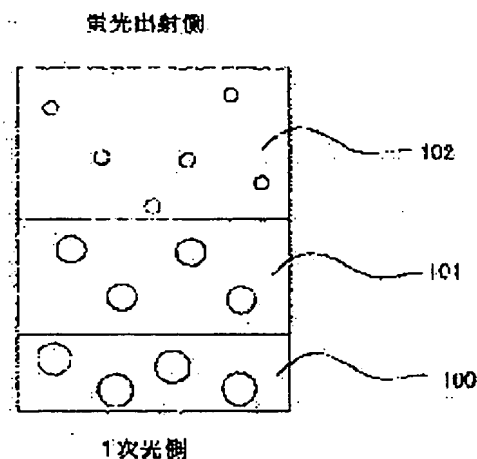
(72)Inventor : ISHIDA SHINYA  
 MORIOKA TATSUYA  
 HANAOKA DAISUKE  
 TANETANI MOTOTAKA  
 FUJITA SHIGEO  
 KAWAKAMI YOICHI  
 HARADA MASAFUMI  
 SASAKI TAKATOMO  
 MORI YUSUKE

(54) LIGHT EMITTING DEVICE, PHOSPHOR AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting device which comprises a light source for emitting a primary light and a phosphor absorbing the primary light and emitting a secondary light and has reduced damage to the environment, high luminance, low power consumption and a long life.

SOLUTION: The light emitting device is obtained by using III-V semiconductor as a material for an illuminant and comprises the fine particle crystal of the semiconductor having  $\leq 2,800 \text{ nm}^3$  volume. The light emitted by the fine particle crystal depends on the volume of the crystal and the wavelength range of the secondary light is regulated by making the fine particle crystal have a volume distribution.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application  
converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-83653

(P2004-83653A)

(43) 公開日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
C09K 11/62	C09K 11/62 CQE	4H001
B82B 1/00	B82B 1/00	5F073
B82B 3/00	B82B 3/00	
C09K 11/08	C09K 11/08 A	
C09K 11/64	C09K 11/64	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-243502 (P2002-243502)	(71) 出願人	000005049
(22) 出願日	平成14年8月23日 (2002. 8. 23)		シャープ株式会社
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
		(71) 出願人	502285295
			藤田 茂夫
			京都府京都市伏見区桃山町島津47-35
		(71) 出願人	502285309
			川上 賛一
			滋賀県草津市下笠町665-6
		(71) 出願人	502307081
			原田 雅史
			奈良県奈良市学園大和町5丁目730 学
			園前合同宿舎1143号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置ならびに蛍光体およびその製造方法

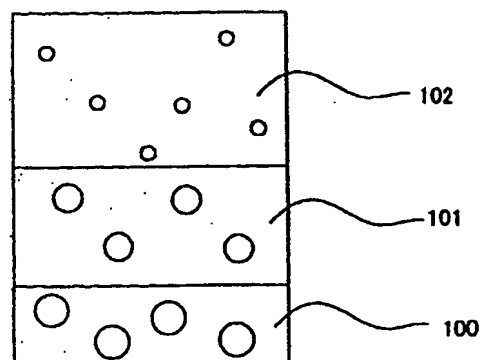
## (57) 【要約】

【課題】 1次光を発する光源と、1次光を吸収して2次光を発する蛍光体より成る発光装置であって、環境に対する害が少なく、しかも高輝度、低消費電力かつ長寿命のものを提供する。

【解決手段】 発光体の材料としてIII-V族半導体を用い、これを体積が $2800\text{nm}^3$ 以下の微粒子結晶とする。微粒子結晶の発する光はその体積に依存し、微粒子結晶に体積分布をもたらすことで2次光の波長範囲を調節することができる。

【選択図】 図11

蛍光出射側



1次光側

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

1次光を発する光源と、光源からの1次光の少なくとも一部を吸収して、1次光のピーク波長よりも長いピーク波長を有する2次光を発する蛍光体とを備える発光装置において、蛍光体がIII-V族化合物半導体の微粒子結晶であり、III-V族化合物半導体の各微粒子結晶の体積が $2800\text{ nm}^3$ 以下であることを特徴とする発光装置。

## 【請求項 2】

1次光を発する光源と、光源からの1次光の少なくとも一部を吸収して、1次光のピーク波長よりも長いピーク波長を有する2次光を発する蛍光体とを備える発光装置において、蛍光体がIII-V族化合物半導体の微粒子結晶であり、III-V族化合物半導体の各微粒子結晶の最長の辺に垂直な2方向の長さが $14\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする発光装置。

## 【請求項 3】

III-V族化合物半導体に含まれるIII族元素のうちの50%以上がインジウムであり、V族元素のうちの95%以上が窒素であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 4】

III-V族化合物半導体の微粒子結晶に所定の体積分布が存在し、発光体の発する2次光に微粒子結晶の体積分布に応じた波長分布が存在することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 5】

III-V族化合物半導体が窒化物半導体であり、その微粒子結晶の各々がエネルギーバンドギャップの一定な部位のみを有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 6】

III-V族化合物半導体が窒化物半導体であり、その微粒子結晶の各々が、第1の部位と、第1の部位を取り囲み第1の部位よりもエネルギーバンドギャップの大きい第2の部位とを有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 7】

III-V族化合物半導体の微粒子結晶がガラス中に分散しており、光源の発する1次光のピーク波長が $380\text{ nm}$ 以上かつ $500\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 8】

III-V族化合物半導体の微粒子結晶が樹脂中に分散しており、光源の発する1次光のピーク波長が $395\text{ nm}$ 以上かつ $500\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 9】

光源から蛍光体までの光路上に、 $395\text{ nm}$ 未満の波長の光を遮断するフィルターを備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 10】

蛍光体が発する2次光の光路上に、光源が発する1次光を遮断するフィルターを備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 11】

光源が窒化物系III-V族化合物半導体より成る発光素子を含むことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光装置。

## 【請求項 12】

III-V族化合物半導体の微粒子結晶より成り、各微粒子結晶の体積が $2800\text{ nm}^3$ 以下であることを特徴とする蛍光体。

## 【請求項 13】

III族元素を含む原料とV族元素を含む原料から、化学合成法によって、III-V族

化合物半導体より成り、体積が $2800\text{ nm}^3$ 以下の微粒子結晶の蛍光体を得ることを特徴とする蛍光体の製造方法。

【請求項14】

材料としてIII-V族化合物半導体を用い、レーザアブレーション法によって、体積が $2800\text{ nm}^3$ 以下の微粒子結晶の蛍光体を得ることを特徴とする蛍光体の製造方法。

【請求項15】

III-V族化合物半導体の微粒子結晶より成り、各微粒子結晶の最長の辺に垂直な2方向の長さが $14\text{ nm}$ 以下であることを特徴とする蛍光体。

【請求項16】

III族元素を含む原料とV族元素を含む原料から、化学合成法によって、III-V族化合物半導体より成り、結晶の最長の辺に垂直な2方向の長さが $14\text{ nm}$ 以下の微粒子結晶の蛍光体を得ることを特徴とする蛍光体の製造方法。

【請求項17】

材料としてIII-V族化合物半導体を用い、レーザアブレーション法によって、結晶の最長の辺に垂直な2方向の長さが $14\text{ nm}$ 以下の微粒子結晶の蛍光体を得ることを特徴とする蛍光体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、発光装置に関し、特に、1次光源から出た1次光を蛍光体に照射し、1次光より長波長の光を提供する発光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

GaN系半導体は直接遷移半導体であり、その禁制帯幅は $0.9\text{ eV}$ もしくは $1.8\text{ eV}$ から $6.2\text{ eV}$ に亘っており、可視領域から紫外線領域におよぶ発光が可能な発光素子の実現が可能であることから、近年注目を集めており、その開発が活発に進められている。ここで禁制帯幅の下限を $0.9\text{ eV}$ もしくは $1.8\text{ eV}$ と記述したのは、InNの禁制帯幅がまだ明確に求まっておらず $0.9\text{ eV}$ と $1.8\text{ eV}$ の2種類説があるからである。

【0003】

このようなGaN系発光素子を励起光源として用いて、赤色、緑色、青色の蛍光体に照射し、出た蛍光を合成することで白色を作り出すことが盛んに行われている。

【0004】

また、GaN系発光素子を用いた装置として、全色画像表示装置が提案されている（特開平8-63119号公報）。この全色画像表示装置においては、基板上に配置されたGaN系発光ダイオードアレイによってそれぞれ赤、緑および青の3原色を発する蛍光体を励起するか、あるいは、GaN系発光ダイオードアレイによってそれぞれ赤および緑の蛍光体を励起し、青にはGaN系発光ダイオードの発光を用いる。

【0005】

一方、次世代の発光装置としては、高輝度かつ低消費電力であることが望まれている。輝度および消費電力は励起光源の出力と量子効率、蛍光体の量子効率とで決まるため、蛍光体としてはより量子効率の高いものが望まれる。また、全色画像表示装置における解像度は画素の大きさに決まってしまうため、蛍光材料を塗布することにより蛍光面を形成する場合には、画素の大きさに合わせて蛍光体結晶粒子の大きさも小さくしなければならない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、これまでの蛍光体では量子効率が $10\%$ 以下であり、高輝度化のためには励起光源の光出力を高くする必要があった。このため消費電力が大きくなりかつ励起光源の寿命も短くなる問題が生じ、これまではGaN系発光素子を励起光として用いた、高輝度、低消費電力かつ長寿命の発光装置の実現は困難であった。

## 【0007】

最近、結晶サイズを励起子ボーア半径程度まで小さくすると（以降このような結晶を「ナノクリスタル」と呼ぶ）、量子サイズ効果による励起子の閉じ込めやバンドギャップの増大が生じることが観測されている（J. Chem. Phys., Vol. 80, No. 9, p. 1984）。このようなサイズの半導体には、フォトルミネッセンスにおける量子効率が大きくなるものもあることが報告されている（Phys. Rev. Lett., Vol. 72, No. 3, p. 416, 1994、MRS Bulletin Vol. 23, No. 2, p. 18, 1998、および米国特許第5455489号）。

## 【0008】

この効果を、発光波長が量子サイズ効果で変化しないため比較しやすいMnドーブZnS（ZnS:Mn）を例にとって説明する。表1に、メタクリル酸で表面処理したZnS:Mnナノクリスタルと、1 $\mu$ m以上の粒径のバルクZnS:Mn粒子とを、同じ紫外線ランプによって励起したときの発光の輝度を比較して示す。表1より、ZnS:Mnナノクリスタルでは、バルクZnS:Mn粒子の5倍近く高い輝度が得られていることがわかる。

## 【0009】

<表1>

	ナノクリスタル	バルク
輝度	69 cd/m <sup>2</sup>	14.2 cd/m <sup>2</sup>

## 【0010】

このような高い量子効率と量子サイズ効果とが物理的にどのように関係しているかは未だ明確に説明されていないが、電子-正孔対形成による振動子強度の増大、エネルギー準位の量子化による発光に寄与しない状態密度の減少、結晶格子の歪みによる発光中心付近の結晶場の変化の影響、結晶表面処理などが関係していると考えられる。これらのうちどの要素が発光効率に有効に寄与しているかは明らかではないが、以下に説明する励起子ボーア半径以下の大きさの結晶で、発光効率の増大が報告されている。

## 【0011】

ここで、励起子ボーア半径とは励起子の存在確率の広がりを示すもので、 $4\pi\epsilon_0\hbar^2/me^2$ （ただし、 $\epsilon_0$ は材料の低周波誘電率、 $\hbar$ はプランク定数、 $m$ は電子および正孔の有効質量から得られる換算質量、 $e$ は電子の電荷）で表される。例えば、ZnSの励起子ボーア半径は2nm、GaNの励起子ボーア半径は3nm程度である。

## 【0012】

最も典型的な量子サイズ効果の例としては、バンドギャップの増大が挙げられる。図1に、L. E. Brusらの理論を基に計算したZnSのバンドギャップの結晶サイズ依存性を示す。本来のZnSのバンドギャップは約3.5eVであるから、直径約8nmより小さい範囲で量子サイズ効果が大きくなると予測することができる。この直径の値は励起子ボーア半径の2倍の半径を有する結晶に相当する。

## 【0013】

したがって、励起子ボーア半径の2倍以下の大きさの結晶からなる蛍光体を用いることで、量子サイズ効果の発光への寄与を利用することができる。すなわち、ナノクリスタルの大きさを変化させることで異なる蛍光波長を得ることが可能になる。ZnS以外にナノクリスタルで高い量子効率有する材料としては、CdSe等のII-VI族の材料が盛んに研究されている。

## 【0014】

また、図2に示すように、ZnSでキャッピングしたCdSeナノクリスタルでは、量子井戸構造をとることで電子-正孔対がナノクリスタル内に強く閉じ込められ、再結合する。この材料では、キャッピングのないCdSeナノクリスタルに比べ一桁以上高い発光効率を得られ、50%程度の量子効率を得られる。

## 【0015】

上記II-VI族ナノクリスタル材料を用いた表示装置及び照明装置が提案されている（

特開平11-340516号公報)。

【0016】

しかしながらII-V族には下記の問題が存在する。表1に示した結果は、ナノクリスタルをメタクリル酸で表面処理した結果であるが、表面処理をしていない結晶では、表面に存在するイオンのダングリングボンドに励起された電子が捕獲されて、非発光再結合するため、発光強度が著しく減少する。例えば、表2に示すように、メタクリル酸によって表面処理されないZnS:Mnナノクリスタルでは、結晶表面のダングリングボンドが有効にターミネイトされず、表面処理されていない試料に比べて著しく発光強度が減少している。このようにII-V族ナノクリスタルは表面の安定化のために特別な処理が必要であった。

10

【0017】

<表2>

表面処理	メタクリル酸	無
輝度	69 cd/m <sup>2</sup>	9.4 cd/m <sup>2</sup>

【0018】

また、II-V族では材料の構成元素としてCd、Se等の有害物質を含んでおり、II-V族材料を発光装置、画像表示装置に用いることは環境面でも重大な問題がある。

【0019】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、安定で、環境に関して有利な材料を用い、高輝度、低消費電力かつ長寿命の発光装置を提供することにある。

20

【0020】

【課題を解決するための手段】

上記問題を解決するために、本発明者は、材料として安定で、環境に負荷の小さいIII族-V族窒化物化合物半導体のナノクリスタルを用いることを検討した。

【0021】

蛍光体としてInNナノクリスタルを用いた場合について説明する。本来室温ではInNは0.9もしくは1.8 eVのバンドギャップを有するが、結晶サイズを一辺14 nm程度まで小さくすると、量子サイズ効果によりバンドギャップが増大してくる。InNの誘電率が不明のため、InNのボーア半径は不明であるが、GaNの場合は3 nmでありInNも大きな差はないと考えられ、ボーア半径の約2倍の粒子サイズから量子効果が現れると考えられる。

30

【0022】

この蛍光体の表面は安定で、特別な表面処理なしで高い量子効率を得ることができる。また構成元素のほとんどがIII族と窒素であり、有害な元素は存在せず環境に関しても有利である。

【0023】

また、InNナノクリスタルの蛍光の半値幅は20 nm程度と通常バルクの蛍光体、例えばZnS:Agの60 nmに比べ非常に狭いので、色品質の良い発光装置、画像表示装置を得ることができる。

40

【0024】

また、InNの結晶サイズを小さくすることで、赤色以外に緑色および青色の蛍光体もInNのナノクリスタルで実現が可能であり、1つの材料で赤～青までの蛍光を得ることができ、1つの蛍光材料でフルカラーディスプレイ等を実現することができる。

【0025】

さらに、上述のようなナノクリスタルからなる蛍光体を励起光に近い方から赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体と積層することにより白色蛍光を得ることも可能であり、この白色蛍光体をGaN系発光素子光で励起することにより、白色の照明装置を得ることができる。

【0026】

50

以上のように、量子サイズ効果を示すようなⅢ族窒化物化合物半導体の微結晶、すなわちナノクリスタルからなる蛍光体には、非常に大きな量子効率を示すものがあるので、このような蛍光体を380 nm以上500 nm以下の発光素子で励起することにより、効率の良い表示装置や照明装置を実現することができる。

#### 【0027】

励起波長を380 nm以上500 nm以下とするのは、Ⅲ族窒化物化合物半導体において、380 nm以下の高効率のレーザや発光ダイオード(LED)を作製することが困難なためであり、500 nm以下とするのは500 nm以上の励起光では青色の蛍光を得ることができないためである。

#### 【0028】

本発明は、以上のような検討結果に基づいてなされたもので、1次光を発する光源と、光源からの1次光の少なくとも一部を吸収して、1次光のピーク波長よりも長いピーク波長を有する2次光を発する蛍光体とを備える発光装置において、蛍光体がⅢ-V族化合物半導体の微粒子結晶であり、Ⅲ-V族化合物半導体の各微粒子結晶の体積が2800 nm<sup>3</sup>以下、または、各微粒子結晶の最長の辺に垂直な2方向の長さが14 nm以下であることを特徴とする。

#### 【0029】

Ⅲ-V族化合物半導体の微粒子結晶(ナノクリスタル蛍光体)は、図2に示すように、エネルギーギャップの小さい部位をエネルギーバンドギャップの大きい部位で取り囲む多層構造とするのが好ましい。

#### 【0030】

1次光の光源は、典型的には、少なくとも1つ以上の窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体発光素子で、一次元または二次元のアレイ状に配置されてもよい。

#### 【0031】

これらの発光素子は、典型的には、窒化物系Ⅲ-V族半導体基板、サファイア基板、SiC基板、ZnO基板などの基板上に、窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体を成長させることにより形成される。

#### 【0032】

蛍光体を構成するⅢ-V族化合物半導体は、Ga、Al、InおよびBからなる群より選ばれた少なくとも一種のⅢ族元素と、少なくともNを含み、場合によってはAsまたはPを含むV族元素とからなり、中でもⅢ族内でのInの比率が50%以上であり、かつV族内での窒素の比率が95%以上であることが好ましい。

#### 【0033】

また、1次光源の窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体は、Ga、Al、InおよびBからなる群より選ばれた少なくとも一種のⅢ族元素と、少なくともNを含み、場合によってはAsまたはPを含むV族元素とからなる。この窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体の具体例を挙げると、GaN、AlGaN、AlN、GaInN、AlGaInN、InN、GaN<sub>x</sub>P<sub>1-x</sub>、InNAs、InNP、InGaNPなどである。

#### 【0034】

上述のように構成された本発明の発光装置によれば、蛍光体が励起子ボーア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなるので、窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体を用いた発光素子から発せられる光によってこの蛍光体を励起することにより、蛍光体の量子効率を高くすることができるとともに、蛍光体を構成する結晶のサイズが極めて小さいことにより解像度を高くすることができる。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の発光装置のいくつかの実施形態について、図面を参照しながら説明する。各実施形態においては、1次光源として、Ⅲ-V族窒化物系半導体レーザ(以下、単に「レーザ」とも言う)、または発光ダイオード(LED)を用いている。一実施形態の発光装置は、図3に示すように、レーザ30を1次光源として、このレーザ30と蛍光体31と



が組み合わされた構成を有するものである。III-V族化合物半導体微粒子結晶を樹脂中に分散させて蛍光部を構成することも可能であり、その場合は、レーザ30と蛍光部の蛍光体31との間に、波長395nm未満の光を吸収又は反射する波長フィルター32を挿入する。

#### 【0036】

また、蛍光体31の前（出射側）に、励起レーザ光（レーザ30からの1次光）のみを吸収又は反射する波長フィルター33が設置されている。レーザ30は、波長380nm以上500nm以下のレーザ光を発するものであり、蛍光部を微粒子結晶と樹脂から構成する場合、レーザの波長は395nm以上500nm以下が望ましい。蛍光体31はレーザ30からのレーザ光によって励起されて、可視域の蛍光を発するものである。

10

#### 【0037】

図3（a）、（b）に示すように、レーザ30と蛍光体31との組み合わせは、互いを密着させたものでも、分離したものでもよい。蛍光体31は、レーザ30からのレーザ光を受光し得るように、レーザ30に対向して配置される。図3（a）に示すように、III-V族化合物半導体微粒子結晶を分散させているガラス又はアクリルなどの樹脂にレーザ光を照射する配置でもよいし、蛍光体を塗布又はコーティングした面にレーザ光を照射する配置でもよいし、さらには、レーザ光と光学的結合性（カップリング）の良好な球状体又は光ファイバ状に加工した蛍光体を配置してもよい。また、図4に示すように、1次光源40と蛍光体41との間にレンズ44等の光学系を有する構成でもよい。

#### 【0038】

また、図5に示すように、III-V族化合物半導体微粒子結晶を分散させた光ファイバ51のコアに1次光源を結合させてもよい。また、図6に示すように、凹面鏡65を用いて蛍光体61からの蛍光を集光してもよい。さらに、図7に示すように、1次光源70にレーザを用い、これに導光板72と散乱板73を結合させて導光板72から垂直に1次光を取り出し、取り出した先に蛍光体71を配置して、蛍光である2次光を面状に得る発光装置としてもよい。

20

#### 【0039】

レーザは、波長380nm以上500nm以下のレーザ光を発するものであればよい。また、蛍光部を微粒子結晶と樹脂から構成する場合は、395nm以下の光を樹脂に照射すると樹脂の劣化が起るため、レーザの波長は395nm以上500nm以下が望ましい。このため、レーザから出射される395nm未満の自然放出光を吸収又は反射する波長フィルターなどを、レーザと蛍光体の間に配置するのが好ましい態様となる。

30

#### 【0040】

レーザとしては、面発光型の素子、ストライプ型の素子、これらのいずれかのタイプの素子が配列されたレーザアレイなどが挙げられる。

#### 【0041】

レーザ光は、その一部を蛍光体を通過させて蛍光と共に利用してもよいが、本発明の発光装置を照明などに用いる場合、レーザ光を外界へ放出させるのは人体に対して好ましくない。その場合には、蛍光体で全て吸収させるか、あるいは、波長フィルターなどで外界へ放出させないようにするのが好ましい態様となる。

40

#### 【0042】

蛍光体の好ましい態様としては、焼結体となされたもの、石英のような透明な板状物に塗布されたもの、ガラスおよびアクリルなどのガラス状の物体に分散させ、球体、円柱状、ファイバ状に固化、加工、成形されたものなどが挙げられる。

#### 【0043】

図3（a）に示すように、レーザ30と蛍光体31とを分離して組み合わせる場合、蛍光体は単独の部材、部品となる。例えば、蛍光体31を、蛍光物質が塗布又はコーティングされた透明部材、蛍光物質が分散したガラス部材などとし、レーザ素子と組み合わせ用いればよい。

#### 【0044】

50

図8は、図3(a)に示す発光装置のレーザ30の態様の一例である。同図のGa<sub>0.9</sub>N系半導体レーザ30は、リッジ構造を有し、活性層84の両端に劈開による共振器を形成し、活性層84に平行に共振させて出射する構造である。この構成によって、レーザ光は紙面に対して垂直な方向に発振し、蛍光体31内に出射され、蛍光が外界に出力される。

#### 【0045】

図8のレーザ30は、結晶基板（例えば、Ga<sub>0.9</sub>N結晶基板）80上に、n-Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層81、n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層82、n-Ga<sub>0.9</sub>Nガイド層83、InGa<sub>0.5</sub>N活性層84、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N蒸発防止層85、p-Ga<sub>0.9</sub>Nガイド層86、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層87、p-Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層88が積層され、n型電極89、p型電極800とリッジ以外の部分はSiO<sub>2</sub> 801でp型電極89とp-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層87が絶縁されている構造をとる。また、1次光源としては面発光レーザを用いてもよく、1次光源にLEDを用いてもよい。

#### 【0046】

1次光源に用いる素子の結晶基板には、Ga<sub>0.9</sub>N基板の他、サファイア、SiC、Si、水晶など、Ga<sub>0.9</sub>N系結晶が成長可能な公知の基板を用いることができる。

#### 【0047】

発光に係る構造は、レーザの発光と発振、LEDの発光に好ましい構造とすればよく、ダブルヘテロ接合構造、SQW (Single Quantum Well)、MQW (Multiple Quantum Well)、量子ドットを含む構造などが好ましいものとして挙げられる。さらに、LEDの場合には、ホモ接合、ヘテロ接合による単純な2層によるpn接合であってもよい。

#### 【0048】

以下、本発明のいくつかの実施例について説明する。

#### 【0049】

##### <実施例1>

図3(a)に示す構成で、発光装置を作製した。

#### 【1次光源】

本実施例では、図8に示す態様、即ち、リッジ構造を有するストライプレーザを1次光源として製作した。以下の説明において、cm<sup>-3</sup>の単位で表したものはキャリア濃度である。

#### 【0050】

##### 【レーザ】

図8に示すように、Ga<sub>0.9</sub>N基板上80に、n-Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層81（厚さ3μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層82（厚さ1μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、n-Ga<sub>0.9</sub>Nガイド層83（厚さ0.1μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N/In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Nの3MQW活性層84、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N蒸発防止層85（厚さ0.02μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、p-Ga<sub>0.9</sub>Nガイド層86（厚さ0.1μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層87（厚さ0.6μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）、p-Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層88（厚さ0.1μm、 $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>）を積層した。

#### 【0051】

次に、RIEによって部分的に積層体の上層からエッチングして、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層87の一部を残して露出させ、その上にSiO<sub>2</sub> (0.3μm) 801を積層し、その上にp型電極800 (Pd/Mo/Au)を形成し、基板裏面にn型電極89 (Ti/Al)を形成した。素子の発振波長は405nmであった。

#### 【0052】

##### 【蛍光体】

体積が8~1000 nm<sup>3</sup>（一辺2~10 nm）であるInNナノクリスタルを化学合成法で合成し、ゾルゲル法によって、InNナノクリスタルを分散したアクリル樹脂を膜状（厚さ3μm）に形成した。体積が8~1000 nm<sup>3</sup>（一辺2~10 nm）と幅を持つ

のは、合成条件によって同じ蛍光波長を得る体積が変化する為である。

【0053】

【評価】

上記発光装置のレーザに電力を供給し、レーザ発振させたところ、蛍光波長635nmで80 [lm/W] のエネルギー変換効率であった。また、このエネルギー変換率が1/2になる時間を寿命時間として表すと、およそ10000時間であった。

【0054】

比較のため、図3(a)に示す波長フィルター32を外して上記発光装置を駆動させたところ、エネルギー変換率が1/2になる寿命時間は1000時間であった。

【0055】

<実施例2>

図3(b)に示す構成で、発光装置を作製した。

【1次光源】

1次光源としては実施例1のレーザと同様のレーザを用いた。

【0056】

【蛍光体】

体積が $3.375 \sim 64 \text{ nm}^3$  (一辺 $1.5 \sim 4 \text{ nm}$ ) であるInNナノクリスタルをレーザアブレーション法により成長させ、InN上にGaNを同様のレーザアブレーション法により成長させて、図2に示すような量子井戸構造を有するInN/GaNナノクリスタルを作製し、このナノクリスタルを分散したアクリル樹脂を円筒状に形成した。 $3.375 \sim 64 \text{ nm}^3$  (一辺 $1.5 \sim 4 \text{ nm}$ ) と幅を持つのは、成長条件によって同じ蛍光波長を得る体積が変化する為である。

【0057】

【評価】

上記発光装置のレーザに電力を供給し、レーザ発振させたところ、蛍光波長520nmで120 [lm/W] のエネルギー変換効率であった。

【0058】

比較のため、発振波長の異なるレーザを作製して励起光源として用い、励起光源の波長とエネルギー変換率が1/2になる寿命時間の相関を求めた。なお、波長フィルター32としては、発振波長未満の自然放出光を吸収又は反射するものを選択して用いた。図9に波長とエネルギー変換率が1/2になる寿命時間との関係を示す。ガラス樹脂では380nm以下において寿命時間が減少し始め、アクリル樹脂では395nm以下において寿命時間が減少し始める。ガラス樹脂の場合は励起光源のレーザが劣化することが原因で、アクリル樹脂の場合はアクリル樹脂が劣化することが原因である。

【0059】

<実施例3>

図4に示す構成で、発光装置を作製した。

【1次光源】

本実施例では、図10に示す態様のLEDを製作した。以下の説明において、 $\text{cm}^{-3}$  の単位で表したものは、キャリア濃度である。

【0060】

図10に示すように、サファイア基板90上に、バッファ層(表示せず)を成長させ、n-GaNコンタクト層91(厚さ $3 \mu\text{m}$ 、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、In<sub>0.12</sub>Ga<sub>0.88</sub>N/GaNの5MQW活性層92、p-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N蒸発防止層93(厚さ $0.02 \mu\text{m}$ 、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、p-GaNコンタクト層94(厚さ $0.2 \mu\text{m}$ 、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )を積層した。次に、RIEによって部分的に積層体の上層からエッチングして、n-GaNコンタクト層91の一部を残して露出させ、その上にn型電極95(Ti/Al)を形成し、p-GaNコンタクト層94上にp型透明電極96(Pd:0.008nm)とその一部分にp型電極97(Pd/Mo/Au)を形成した。

10

20

30

40

50

## 【0061】

## —[蛍光体]—

体積が $8 \sim 27 \text{ nm}^3$ （一辺 $2 \sim 3 \text{ nm}$ ）である $\text{InN}$ ナノクリスタルと、体積が $10.7 \sim 64 \text{ nm}^3$ （一辺 $2.2 \sim 4 \text{ nm}$ ）である $\text{InN}$ ナノクリスタルと、体積が $17.6 \sim 512 \text{ nm}^3$ （一辺 $2.6 \sim 8 \text{ nm}$ ）である $\text{InN}$ ナノクリスタルの3種類を、レーザーアブレーション法により作製し、図11に示すように、1次光の入射側から出射側に向かい $\text{InN}$ ナノクリスタルのサイズが小さくなるような3層構造としてアクリルに分散させた。これら3層の各々の膜厚は、各層の1次光の吸収を考慮し、各層から出射され合成される蛍光が白色になるように調整した。

## 【0062】

## [評価]

上記発光装置のLEDに電力を供給し、発光させたところ白色光が得られ、 $60 \text{ [lm/W]}$ のエネルギー変換効率であった。

## 【0063】

## &lt;実施例4&gt;

図5に示す構成で、発光装置を作製した。

## [1次光源]

1次光源は埋め込みタイプのストライブレザを用いた。

## 【0064】

## [蛍光体]

体積が $125 \sim 343 \text{ nm}^3$ （一辺 $5 \sim 7 \text{ nm}$ ）である $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}$ ナノクリスタルを化学合成法により合成し、その $\text{InGaN}$ 上に $\text{AlN}$ を同様に化学合法により合成し、図2に示すような量子井戸構造を有する $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}/\text{AlN}$ ナノクリスタルを作製した。そして、このナノクリスタルを分散させたコアを有する光ファイバを作製した。

## 【0065】

## [評価]

上記発光装置のレーザに電力を供給し、レーザ発振させたところ、波長 $600 \text{ nm}$ で $120 \text{ [lm/W]}$ のエネルギー変換効率であった。

## 【0066】

## &lt;実施例5&gt;

図6に示す構成で、発光装置を作製した。

## [1次光源]

1次光源は面発光レーザを用いた。

## 【0067】

## [蛍光体]

体積が $343 \sim 512 \text{ nm}^3$ （一辺 $7 \sim 10 \text{ nm}$ ）である $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}_{0.99}\text{P}_{0.01}$ ナノクリスタルを化学合成法で合成し、ゾルゲル法によって、 $\text{InGaNP}$ ナノクリスタルを分散したガラスを膜状（厚さ $1 \text{ mm}$ ）に形成した。

## 【0068】

## [評価]

上記発光装置のレーザに電力を供給し、レーザ発振させたところ、波長 $560 \text{ nm}$ で $100 \text{ [lm/W]}$ のエネルギー変換効率であった。

## 【0069】

## &lt;実施例6&gt;

図7に示す構成で、発光装置を作製した。

## [1次光源]

1次光源としては実施例1のレーザと同様のレーザを用いた。

## 【0070】

## [蛍光体]

10

20

30

40

50

・体積が $343 \sim 1000 \text{ nm}^3$ （一辺 $7 \sim 10 \text{ nm}$ ）である $\text{InN}$ ナノクリスタルを化学合成法で合成し、ゾルゲル法によって、 $\text{InN}$ ナノクリスタルを分散したガラス膜（厚さ $10 \mu\text{m}$ ）を導光板上に形成した。

【0071】

【評価】

上記発光装置のレーザに電力を供給し、レーザ発振させたところ、波長 $550 \text{ nm}$ で $100 \text{ [lm/W]}$ のエネルギー変換効率であった。

【0072】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、高輝度、低消費電力かつ長寿命の発光装置が得られる上、<sup>10</sup> 蛍光体の材料として $\text{III-V}$ 族化合物半導体を用いているので、環境を害するおそれも少ない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 $\text{ZnS}$ のバンドギャップエネルギーの結晶サイズ依存性を示す略線図。

【図2】 $\text{CdSe}$ 量子ドットを示す断面図およびエネルギーバンド図。

【図3】本発明の発光装置の構成例を模式的に示す図。

【図4】本発明の発光装置の他の構成例を模式的に示す図。

【図5】本発明の発光装置の他の構成例を模式的に示す図。

【図6】本発明の発光装置の他の構成例を模式的に示す図。

【図7】本発明の発光装置の他の構成例を模式的に示す図。<sup>20</sup>

【図8】本発明の発光装置に1次光源として用いるレーザの構成例を模式的に示す断面図。

【図9】本発明の発光装置に1次光源として用いるレーザの発振波長と発光装置の寿命の相関を示す図。

【図10】本発明の発光装置に1次光源として用いるLEDの構成例を模式的に示す断面図。

【図11】本発明の蛍光装置に用いる蛍光体の積層例を模式的に示す断面図。

【符号の説明】

30、40、50、60、70 1次光源

31、41、51、61、71 蛍光体

32、42、52、62 波長フィルター

33、43、53、63 1次光カット波長フィルター

44、54 コリメイトレンズ

64 光ファイバ

65 凹面鏡

72 導光板

73 散乱版

80、90 基板

81、91 nコンタクト層

82 nクラッド層

83 nガイド層

84、92 活性層

85、93 p蒸発防止層

86 pガイド層

87 pクラッド層

88、94 pコンタクト層

97、89 p型電極

95、800 n型電極

96 p型透明電極

100 赤色蛍光体

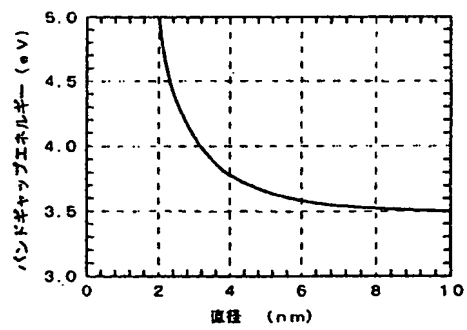
30

40

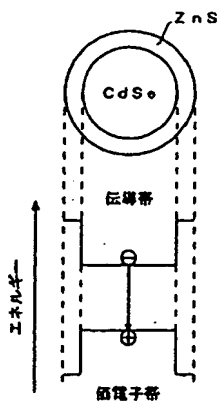
50

101 緑色蛍光体  
 102 青色蛍光体  
 801 SiO<sub>2</sub> 膜

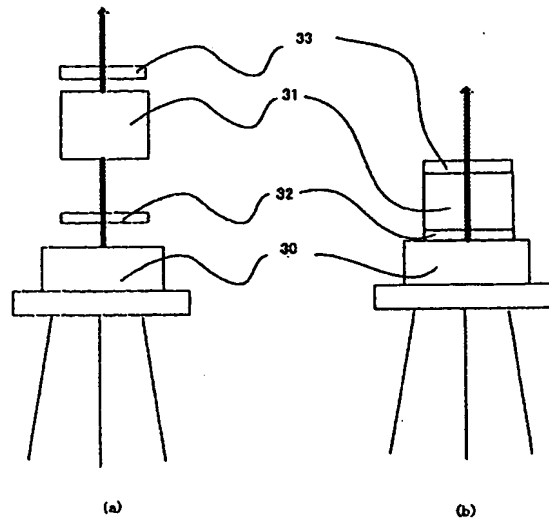
【図 1】



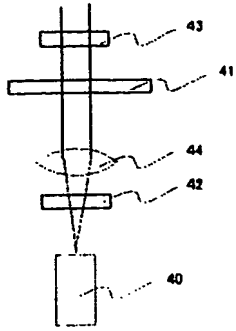
【図 2】



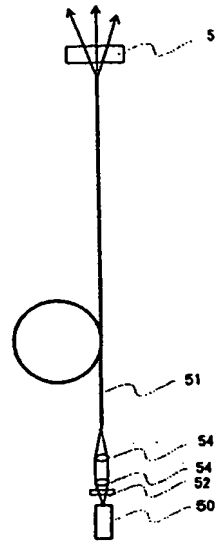
【図 3】



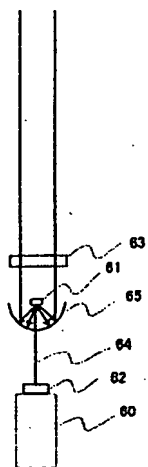
【図 4】



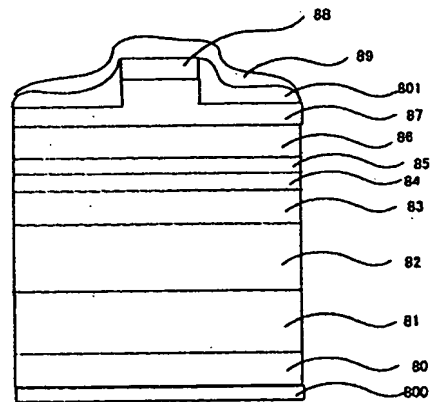
【図 5】



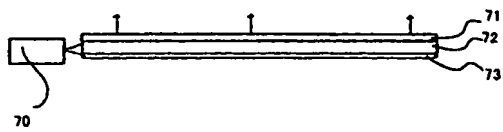
【図 6】



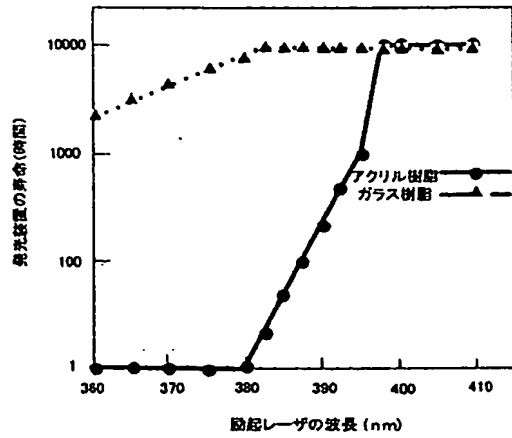
【図 8】



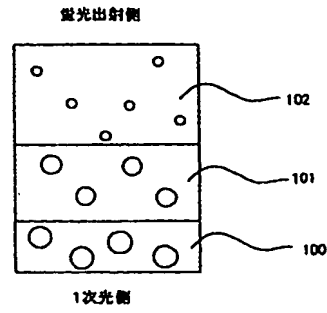
【図 7】



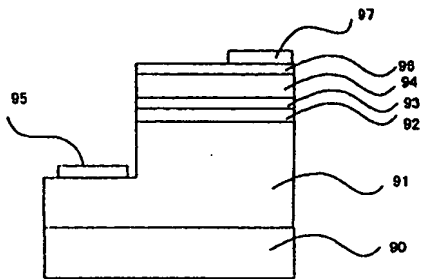
【図 9】



【図 11】



【図 10】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 S 5/022

H 0 1 S 5/022 Z N M

(71)出願人 502307092

佐々木 考友

大阪府吹田市山田西2-8 A9-310

(71)出願人 598058298

森 勇介

大阪府交野市私市8-16-9

(74)代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

(74)代理人 100111811

弁理士 山田 茂樹

(74)代理人 100121256

弁理士 小寺 淳一

(72)発明者 石田 真也

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72)発明者 森岡 達也

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72)発明者 花岡 大介

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72)発明者 種谷 元隆

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72)発明者 藤田 茂夫

京都府京都市伏見区桃山町島津47-35

(72)発明者 川上 養一

滋賀県草津市下笠町665-6

(72)発明者 原田 雅史

奈良県奈良市学園大和町5丁目730 学園前合同宿舍1143号

(72)発明者 佐々木 考友

大阪府吹田市山田西2-8 A9-310

(72)発明者 森 勇介

大阪府交野市私市8-16-9

Fターム(参考) 4H001 CA02 CF01 XA07 XA13 XA31 XA49

5F073 AA04 AA45 AA51 AA74 AB16 AB21 CA07 DA25 EA24